

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(11) DE 39 40 660 A 1

(51) Int. Cl. 5:

C03C 27/12

B 32 B 17/10

B 60 J 1/00

B 60 R 13/08

// B32B 27/30,27/32,

27/36,27/38,

C08J 5/12,

C08L 83:04,67:00,

63:00,33:00,31:00,

23:20,C08F 2/48

DE 39 40 660 A 1

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)

08.12.88 GB 28634/88

(71) Anmelder:

Glaiverbel, Brüssel/Bruxelles, BE

(74) Vertreter:

Deufel, P., Dipl.-Wirtsch.-Ing.Dr.rer.nat.; Schön, A.,  
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Hertel, W., Dipl.-Phys.;  
Lewald, D., Dipl.-Ing.; Otto, D., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 8000 München

(72) Erfinder:

Moncuit, Frédéric de, Paris, FR; De Clerck, Georges,  
Chatelet, BE; Lieffrig, Vincent, Namur, BE

(54) Mehrschichtige Glastafel

Es wird eine mehrschichtige Glastafel angegeben, die aus einer Platte 10 besteht oder eine Platte 10 umfaßt, die ein Paar von Glasscheiben 1, 2 aufweist, welche an einer Zwischenschicht aus Polymermaterial 3 haften. Die Zwischenschicht aus Polymermaterial besitzt solche viskoelastischen Eigenschaften, daß die kritische Koinzidenzfrequenz (oder eine niedrigere oder die niedrigste kritische Koinzidenzfrequenz, wenn es mehr als eine gibt) der Platte 10 [»die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte«] größer ist als die kritische Koinzidenzfrequenz einer dem Begriff nach monolithischen Glasscheibe [»die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) des äquivalenten Monolithen«], welche die gleiche Gestalt und Flächengröße wie die Platte und eine Masse, welche gleich der Gesamtmasse des Glasmaterials in der Platte ist, aufweist, und die Platte ist mit zur Beeinflussung der Temperatur der Zwischenschicht 3 aus Polymermaterial befähigten Mitteln, wie einer strahlungsabsorbierenden Schicht 4 und/oder einer Schicht mit niedrigem Emissionsvermögen 5, versehen. Wahlweise oder zusätzlich kann die Platte mit einer elektrischen Widerstands- oder Konvektionsheizvorrichtung verbunden sein oder solche enthalten.

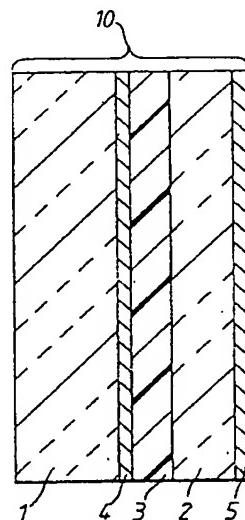


Fig. 1.

DE 39 40 660 A 1

## Beschreibung

Vorliegende Erfindung betrifft eine Glasplatte oder Glastafel, die aus einer Platte besteht oder eine Platte umfaßt, welche ein Paar von Glasscheiben aufweist, die an einer Zwischenschicht aus Polymermaterial anhaften.

Die Erfindung bezieht sich besonders auf die akustischen Eigenschaften solcher mehrschichtigen Glastafeln und insbesondere auf die Schalldämpfung, die durch solche Glastafeln erzielt werden kann.

Entsprechend den geltenden Theorien hängt die Schalldämpfung, die über eine monolithische Scheibe erzielt wird, von deren Masse pro Einheitsfläche ab, daß heißt, für ein bestimmtes Material, von deren Dicke. Kurz gesagt, die Schalldämpfung, die über einen bestimmten Bereich der Schallfrequenzen erzielt wird, ist direkt proportional der Dicke der Scheibe. Die Sache wird aber durch die Tatsache erschwert, daß für jede Scheibe zwei Schalltransmissionspeaks bestehen, nämlich einer an jedem Ende des Bereichs, und daß die Frequenzen, an denen diese Peaks auftreten, ebenfalls zumindest teilweise durch die Dicke der Scheibe bestimmt werden. Der niedrigere Frequenzpeak, der Resonanzpeak, tritt bei einer Frequenz auf, die von der Gestalt und Flächengröße der Scheibe abhängt, doch nimmt auch er proportional zu einer Erhöhung der Dicke der Scheibe zu. Der höhere Frequenzpeak tritt an der kritischen Koinzidenzfrequenz der Scheibe auf, das ist die Frequenz der freien Biegeschwingungen in der Scheibe, und diese nimmt proportional zur Erhöhung der Dicke der Scheibe ab. So hat z. B. eine 1 m<sup>2</sup> große monolithische Scheibe aus Glas von 4 mm Dicke eine Resonanzfrequenz von etwa 20 Hz und eine kritische Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) von etwa 3000 Hz. Eine monolithische Glasscheibe von 8 mm Dicke der gleichen Gestalt und Flächengröße hat eine Resonanzfrequenz von etwa 40 Hz und eine kritische Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) von etwa 1500 Hz. Die Theorie besagt, daß eine Verdoppelung der Scheibendicke einen Anstieg der Schalldämpfung (praktisch von etwa 6 dB) für den Schall einer bestimmten Frequenz ergibt, daß jedoch aufgrund von Resonanz- und Koinzidenzeffekten dieser Anstieg der Dämpfung maskiert und verdeckt wird, im gegebenen Beispiel bei Frequenzen von etwa 40 Hz und 1500 Hz. In der Tat kann bei ihrer Koinzidenzfrequenz von etwa 1500 Hz eine 8 mm-Glasscheibe durchaus weniger Dämpfung bewirken als eine 4 mm-Scheibe. Ein besonderes Problem liegt darin begründet, daß durch Erhöhung der Scheibendicke in dieser Weise ein Schalltransmissionspeak in einen Bereich des Schallspektrums transferiert wird, gegen den das menschliche Ohr empfindlicher ist.

Bei Bezugnahmen auf akustische Eigenschaften von Platten handelt es sich hier und im folgenden um den Hinweis auf derartige Eigenschaften, die gemäß dem BRD-Standard VDI 2719 gemessen sind.

Die Situation wird noch komplizierter, wenn mehrschichtige Glasplatten in Betracht gezogen werden wegen den unterschiedlichen NATUREN der Zwischenschichten aus Haftmaterial und des Glases. In einem typischen Sicherheitsverbundglas muß aber eine ziemlich feste Bindung zwischen dem Glas und dem Haftstoff bestehen, so daß im Falle einer Bruchs Glassplitter durch die Platte zurückgehalten werden und nicht wegfliegen und möglicherweise eine Verletzung verursachen. Praktisch ist das akustische Verhalten von typischen mehrschichtigen Sicherheitsgläsern kaum zu unterscheiden vom akustischen Verhalten einer einzelnen monolithischen Glas-

scheibe, die die gleiche Gestalt und Flächengröße wie die Verbundglasplatte und die gleiche Dicke wie die Gesamtdicke des in der Verbundglasplatte vorliegenden Glases hat. Für die Zwecke vorliegender Beschreibung und in bezug auf akustische Eigenschaften werden daher solche üblichen Verbundglasplatten als Äquivalent zu einer einzelnen monolithischen Scheibe angesehen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine mehrschichtige oder zusammengesetzte Glässtelleneinheit anzugeben, die, gewichtsmäßig betrachtet, verbesserte Schalldämpfung bewirkt.

Erfindungsgemäß wird eine Glastafel geschaffen, die aus einer Platte besteht oder eine Platte umfaßt, welche ein Paar von Glasscheiben, die an einer Zwischenschicht aus Polymermaterial haften, aufweist, und die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Scheiben des Glasscheibenpaars durch eine aus Polymermaterial bestehende Zwischenschicht getrennt sind, die solche viskoelastischen Eigenschaften hat, daß die kritische Koinzidenzfrequenz (oder die niedrigere oder niedrigste kritische Koinzidenzfrequenz, wenn es mehr als eine gibt) der Platte ["die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte"] größer ist als die kritische Koinzidenzfrequenz einer dem Begriff nach monolithischen Glasscheibe ["die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) des äquivalenten Monolithen"], die die gleiche Gestalt und Flächengröße wie die Platte und eine Masse, die gleich ist der Gesamtmasse des in der Platte vorliegenden Glasmaterials, aufweist, und daß die Platte mit Mitteln versehen ist, die zur Beeinflussung der Temperatur der Zwischenschicht aus Polymermaterial befähigt sind.

Eine erfindungsgemäße Platte hat aufgrund der Natur ihrer Zwischenschicht verbesserte akustische Isoliereigenschaften im Vergleich zu einer anderweitig ähnlichen Platte, die keine solche Zwischenschicht aufweist, und außerdem kann diese Verbesserung der akustischen Eigenschaften über einen weiten Bereich der Umgebungstemperaturen konserviert werden. Ein besonderes Problem tritt bei Glasplatten auf, die zur Verwendung in einer Außenwand eines Bauwerks in bestimmten klimatischen Gegenden bestimmt sind, wo die äußere Umgebungstemperatur unter den Gefrierpunkt (d. h. unter 0°C) sinken kann, während gleichzeitig das Innere des Gebäudes bei komfortablen Wohntemperaturen (z. B. 15–25°C) gehalten werden soll. Viele geeignete Polymermaterialien erleiden eine beträchtliche Änderung in ihren viskoelastischen Eigenschaften über den sich von komfortablen Wohntemperaturen bis zu unter dem Gefrierpunkt liegenden Temperaturen erstreckenden Bereich. Bei Frostwetter besteht selbstverständlich ein Temperaturgradient durch eine derartige Glasplatte, was natürlich dazu führen kann, daß die Zwischenschicht so stark abgekühlt wird, daß sie ausreichend härtet, um eine direkte dynamische Bindung zwischen den beiden Scheiben aus Glasmaterial zu bewirken. Die Verwendung von zur Beeinflussung der Temperatur der Zwischenschicht befähigten Mitteln ermöglicht es, die Probleme zu verringern, die aufgrund einer solchen Änderung in den viskoelastischen Eigenschaften dieser Zwischenschicht auftreten, so daß die akustischen Eigenschaften der Platte über einen weiten Bereich der äußeren Umgebungstemperaturen aufrechterhalten werden können.

Eine erfindungsgemäße Platte kann in ein Bauwerk oder in ein Fahrzeug installiert werden. Eine Verwendungsart, für die die erfindungsgemäßen Platten besonders geeignet sind, ist deren Einsatz als Verglasungen

für Eisenbahnwagen, insbesondere solche von U-Bahn-systemen oder Hochgeschwindigkeits-Überlandsystemen, wo aus den verschiedensten Gründen die Umgebungslärmpegel ziemlich hoch sein können.

Ein weiterer Vorteil der erfundungsgemäßen Platten liegt in deren Widerstandsfähigkeit gegen Bruch beim Aufprall eines Flugkörpers wie eines fliegenden Steines. Aufgrund ihrer viskoelastischen Eigenschaften ist die Zwischenschicht aus Polymermaterial hochgradig geeignet zur Absorption und Dämpfung von Beanspruchungen, die wegen eines solchen Aufspralls auftreten, was zur Folge hat, daß unter Berücksichtigung des Gewichts, die erfundungsgemäße Platte eine bessere Widerstandsfähigkeit gegen Bruch aufweist als ein klassisches Sicherheitsglaslaminat, das eine Zwischenschicht aus Polyvinylbutyral aufweist. Ferner kann eine derartige Bruchfestigkeit über einen ziemlich weiten Temperaturbereich in einer erfundungsgemäßen Platte aufrechterhalten werden, weil die viskoelastischen Eigenschaften der Zwischenschicht aus Polymermaterial auf diese angegebene Weise konserviert werden können. Somit kann für die gleiche oder eine bessere Schalldämpfung und eine gleiche oder bessere Bruchfestigkeit, insbesondere bei niedrigen Umgebungstemperaturen, eine erfundungsgemäße Platte dünner und daher leichter ausgestaltet werden als eine derartige übliche bekannte mehrschichtige Sicherheitsglasplatte. Es verdient hervorgehoben zu werden, daß Überlegungen bezüglich Gewichtseinsparung von Wichtigkeit sind, z. B. im Falle von Eisenbahnwagen mit großen Glasfensterflächen.

Gemäß einigen bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung wird die Platte in einem Oberflächenabstand mit einer zweiten Platte gehalten unter Bildung einer Hohlglastafeleinheit. Hohlglastafeleinheiten können sehr gute akustische Isoliereigenschaften haben und sie bewirken auch eine gute Wärmeisolierung. In vorteilhafter Weise besteht diese zweite Platte aus einer einzelnen, nicht-laminierten Scheibe von Glasmaterial. Eine solche Scheibe ist sehr viel billiger herstellbar als eine mehrschichtige Platte.

Im Falle von Hohlglastafeln ist es bekannt, daß ein oder mehrere weitere Transmissionspeaks auftreten können aufgrund von Hohlraumresonanz, der Resonanz einer Gasmasse, die innerhalb eines in der Tafel vorliegenden Zwischenraums gehalten wird. Zur Erniedrigung eines derartigen Transmissionspeaks wird es bevorzugt, eine Vielzahl von lokalisierten Dämpfungsbauteilen, die an diesen im Abstand voneinander befindlichen Platten haften, über deren Fläche zu verteilen.

Die durch Verwendung solcher lokalisierten Dämpfungsbauteile erzielbaren Vorteile sind sehr beträchtlich und gemäß einer zweiten Ausführungsform schafft vorliegende Erfindung auch eine Hohlglastafel, die eine erste Platte umfaßt, welche ein Paar von Glasscheiben, die an einer Zwischenschicht aus Polymermaterial haften, aufweist, und die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Scheiben dieses Glasscheibenpaars voneinander getrennt sind durch eine Zwischenschicht aus Polymermaterial, die solche viskoelastischen Eigenschaften hat, daß die kritische Koinzidenzfrequenz (oder die niedrigere oder niedrigste kritische Koinzidenzfrequenz, wenn es mehr als eine gibt) der Platte ["die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte"] größer ist als die kritische Koinzidenzfrequenz einer dem Begriff nach monolithischen Glasscheibe ["die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) des äquivalenten Monolithen"], welche die gleiche Gestalt und Flächengröße wie die Platte und eine Masse, die gleich ist der Gesamtmasse an in der Platte vorliegendem Glasmate-

rial, aufweist, und daß diese erste Platte in einem Oberflächenabstand mit einer zweiten Platte gehalten wird und daß eine Vielzahl von lokalisierten Dämpfungsbauteilen vorgesehen ist, die an den im Abstand voneinander befindlichen Platten haften und über deren Fläche verteilt sind.

Die optischen Eigenschaften derartiger Dämpfungsbauteile sind nicht kritisch im Falle einer Verglasungsplatte, die opak ist, doch wird es, insbesondere zur Verwendung in einer transparenten oder transluzenten Platte, bevorzugt, daß diese Dämpfungsbauteile aus lichtdurchlässigem Kunststoffmaterial gebildet sind, insbesondere aus einem Silikon, Polyisobutylene, einem Polyester, Polyurethan, Polyacrylat, Vinylpolymer, Epoxyharz oder einem Acrylharz. Polyisobutylene ist verwendbar zur Bildung transluzenter Dämpfungsbauteile, während transparente Dämpfungsbauteile, die zum Einsatz in transparenten Glasplatten bevorzugt werden, aus Materialien innerhalb der anderen aufgezählten Kategorien gebildet werden können.

Glastafeln gemäß der zweiten Ausführungsform der Erfindung machen vorzugsweise von der ersten Ausführungsform der Erfindung und den angegebenen, damit verbundenen Vorteilen Gebrauch, und es wird daher bevorzugt, daß diese Platten mit Mitteln versehen sind, die zur Beeinflussung der Temperatur der Zwischenschicht aus Polymermaterial befähigt sind.

Die zur Beeinflussung der Temperatur der Zwischenschicht aus Polymermaterial befähigten Mittel können aktiv oder in einer passiven Weise wirken, um die Temperatur des Polymermaterials zu beeinflussen, wie weiter unten noch ausgeführt wird.

In vorteilhafter Weise ist der zwischen den Platten befindliche Zwischenraum mit einem Aerogel gepackt. Geeignete Aerogels sind mikroporöse Materialien, wie sie z. B. in EP 11 18 955 beschrieben werden. Solche Aerogele haben Poren mit Durchmessern zwischen 1 und 100 nm, z. B. etwa 10 nm, und sie können transparent gemacht werden, und sie sind sehr effektive Wärmeisolatoren, selbst wenn sie in ziemlich dünnen Schichten angewandt werden. Dies führt zu wichtigen Vorteilen bei der Möglichkeit, eine Hohlglastafel herzustellen mit einem verminderten Zwischenplattenabstand, z. B. von 3 bis 4 mm, im Vergleich mit einem 8 bis 10 mm breiten, mit Luft gefüllten Zwischenraum unter Erzielung der gleichen oder einer besseren Isoliereffizienz. Da die Glastafel nicht so dick zu sein braucht, kann deren Rahmen leichter sein und dies ist von Wichtigkeit, wenn die Tafel in ein Fahrzeug eingebaut werden soll.

Gemäß einiger bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung bilden diese zur Beeinflussung der Temperatur der Zwischenschicht aus Polymermaterial befähigten Mittel einen Teil der Platte, da dies eine integrale Einheit ergibt, welche die Installation erleichtert.

In vorteilhafter Weise umfassen diese zur Beeinflussung der Temperatur der Zwischenschicht aus Polymermaterial befähigten Mittel eine lichtdurchlässige Schicht, die auf einer Oberfläche einer praktisch steifen Scheibe der Platte aufgebracht ist. Eine solche Schicht ist von vernachlässigbarem Gewicht im Vergleich mit dem Gewicht der Platte und sie kann sehr wirksam sein zur Beeinflussung der Temperatur der Zwischenschicht aus Polymermaterial. Zur Verstärkung einer solchen Wirksamkeit wird es bevorzugt, daß sich eine solche lichtdurchlässige Schicht im Kontakt mit einer solchen Zwischenschicht aus Polymermaterial befindet.

Solche Schichten können auch anderen Zwecken dienen. Gemäß einigen bevorzugten Ausführungsformen

der Erfindung umfaßt die Platte mindestens zwei lichtdurchlässige Schichten mit unterschiedlichen Strahlungstransmissionseigenschaften. Dies ermöglicht es, der Platte verschiedene Kombinationen äußerst vorteilhafter Eigenschaften zu verleihen.

Gemäß einigen bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung ist die oder wenigstens eine dieser Schichten in der Lage, weniger als 75% und vorzugsweise weniger als 65% der gesamten einfallenden Sonnenenergie durchzulassen. Solche Schichten sind sehr nützlich zur Verminderung der Sonnenblendung und ebenso zur Verminderung unerwünschter Sonnenwärmezunahme. Dies kann ein wichtiger Vorteil sein, wenn gewünscht wird, daß die Temperatur des Inneren des verglasten Bauwerks bei mäßigem Niveau gehalten wird. Selbstverständlich könnte eine solche Innentemperatur bei mäßigem Niveau auch durch eine geeignete Klimaanlage aufrechterhalten werden, doch kann nicht berücksichtigt bleiben, daß die Kosten für die Kühlung des Inneren eines Gebäudes ziemlich hoch sein können. Viele solcher "Antisolarschichten" absorbieren Sonnenstrahlung, so daß sich deren Temperatur erhöht, und wenn man sie in geeigneter Weise lokalisiert, können sie Wärmeenergie zur Beeinflussung der Temperatur des Polymermaterials liefern.

Wahlweise oder zusätzlich wird gemäß einigen bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung die Platte so ausgestaltet, daß die oder mindestens eine dieser Schichten eine leitfähige Schicht ist. Leitfähige Schichten haben die Eigenschaft, das Emissionsvermögen der mit der Schicht versehenen Oberfläche in bezug auf langwellige Infrarotstrahlung zu vermindern, vorausgesetzt, daß sie an geeigneter Stelle vorgesehen sind. Schichten mit niedrigem Emissionsvermögen sind als solche unwirksam, wenn sie nicht an einer Zwischenfläche zwischen ihrer Trägerscheibe und Luft oder einem anderen Gas oder Vakuum angebracht sind. Auf diese Weise sind sie nützlich zur Verminderung des Wärmeverlustes von einem verglasten Bauwerk. Eine solche Niedrigemissions-Schicht kann an der Außenseite einer viskoelastischen Polymer-Zwischenschicht vorgesehen sein, so daß bei kaltem Wetter die Temperatur dieser Zwischenschicht näher bei der Temperatur des Inneren des verglasten Bauwerks liegt, als dies anderweitig der Fall wäre. Wahlweise kann eine solche Schicht mit niedrigem Emissionsvermögen gewünschtenfalls an der Innenseite einer mit einer Antisolarschicht in Verbindung stehenden viskoelastischen Zwischenschicht vorgesehen sein, um den Transfer von durch die Antisolarschicht absorbiert Wärmeenergie in den Innenraum zu vermindern.

Es ist leicht einzusehen, daß eine einzelne Schicht sowohl leitfähig als auch zur Abschirmung von mindestens 25% der einfallenden Sonnenstrahlung befähigt sein kann, so daß sie in Abhängigkeit von ihrer Lokalisierung in der Platte sowohl eine Niedrigemissions-Schicht als auch eine anit-solar-Schicht wirken kann; und ebenso, daß eine erfindungsgemäße Platte eine erste Schicht, die zur Abschirmung von mindestens 25% der einfallenden Sonnenstrahlung befähig ist, gleichgültig ob leitfähig oder nicht, und eine zweite Schicht, die leitfähig, aber nicht notwendigerweise zur Absorption oder Reflexion eines solch hohen Anteils an Sonnenstrahlung befähigt ist, umfassen kann.

Gemäß einigen bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung sind Mittel vorgesehen, um die Platte mit Wärmeenergie zu versorgen. Dies ist eine sehr einfache Art und Weise der aktiven Beeinflussung der Tempera-

tur der viskoelastischen Zwischenschicht. Verschiedene Typen von Heizvorrichtungen können verwendet werden, vorausgesetzt natürlich, daß das Erwärmen unter den Bedingungen, denen die Platte während ihres Einsatzes ausgesetzt ist, effektiv ist. Beispielsweise kann im Falle einer Hohlglaseinheit die Vorrichtung zur Beeinflussung der Temperatur der Zwischenschicht des Polymermaterials Mittel zum Zirkulieren von Warmluft durch den Zwischenraum der Einheit umfassen. Dies kann leicht erfolgen durch Ableiten von Warmluft von den Vorrichtungen zur thermischen Konditionierung des Inneren des Bauwerks, in dessen Wand die Platte installiert ist. Dieses Vorgehen wird jedoch nicht empfohlen, da es bevorzugt wird, daß jeder Zwischenraum einer Hohlglaseinheit versiegelt ist, um die innerhalb der Hohlglaseinheit auftretende und die Sicht durch diese beeinträchtigende Kondensation zu verhindern. Gemäß einigen bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung sind Mittel zum Durchleiten eines Heizstroms durch eine leitfähige Schicht, wenn eine solche vorliegt, vorgesehen. Dies stellt eine effektive Art und Weise dar zur Lieferung von Wärmeenergie über den die Schicht tragenden Oberflächenbereich der Platte. Wahlweise oder zusätzlich sind gemäß bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung Mittel vorgesehen zum Blasen von Heißluft über die Oberfläche der Platte.

Der Typ des Polymermaterials zur Bildung der Zwischenschicht ist von beträchtlicher Wichtigkeit für das Verhalten des Erfindungsgegenstandes. Es gibt eine Anzahl von Materialien, die die erforderlichen Eigenschaften haben und faktisch anwendbar sind. Von diesen können Materialien genannt werden, welche üblicherweise zur Herstellung von mehrschichtigen Glasplatten verwendet werden, die aber modifiziert sind durch Zusatz von ziemlich großen Mengen an Plastifiziermittel. Beispiele für Massen zur Bildung derartiger Schichten sind: 30 2 Gew.-Teile Polyvinylbutyral mit 1 Gew.-Teil eines Plastifiziermittels wie FLEXOL® (Handelsprodukt der Union Carbide), und ein Copolymer aus 99 Gew.-Teilen Polyvinylchlorid und 1 Gew.-Teil Glycidylmethacrylat mit 40 40 Gew.-Teilen eines Plastifiziermittels wie Diocetylsebacat. Wegen des sehr hohen Gehalts an Plastifiziermittel treten jedoch Handhabungsprobleme auf und es ist sehr schwierig, Filme aus derartigen Materialien in einem kommerziellen Maßstab in Glasplatten einzubringen. Zur Erzielung der besten Ergebnisse wurde gefunden, daß es besonders vorteilhaft ist, die Polymer-Zwischenschicht aus einem Polyester, Vinylpolymer, Epoxyharz oder, was am meisten bevorzugt wird, aus einem Acrylharz zu bilden. Solche Materialien ergeben eine Anzahl von Polymeren mit außergewöhnlich guten akustischen Eigenschaften. Für ein bestimmtes angestrebtes Maß an Schallisolation kann der Einsatz eines solchen Polymeren eine wesentliche Verminderung der Dicke und damit des Gewichts des Glasmaterials, das in die Platte eingebaut werden muß, ermöglichen. Dies ist von besonderer Bedeutung, wenn die Platte als Fenster in ein Fahrzeug installiert werden soll, z. B. in einen Eisenbahnwagen für Passagiere, insbesondere wenn der Wagen eine große verglaste Fläche aufweist. Ein weiterer wichtiger Vorteil des Einsatzes solcher Polymere liegt darin begründet, daß sie Katalysatoren und/oder Aktuatoren enthalten können, so daß sie leicht in situ polymerisiert werden können. Das Polymer kann zwischen den beiden Glasscheiben in flüssigem Zustand eingebracht und danach polymerisiert werden. Dies erleichtert stark die Herstellung der Platte im Vergleich zur Verwendung eines vorgeformten Films oder eines

stark plastifiziermittelhaltigen Polymeren. Gemäß den am meisten bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung handelt es sich bei einem derartigen Polymer um ein Acrylharz, das durch Ultraviolettstrahlen polymerisiertbar ist.

In vorteilhafter Weise hat das Material, aus dem die Zwischenschicht gebildet wird, eine bei 20°C gemessene Shore-A-Härte von nicht mehr als 50 und vorzugsweise von nicht mehr als 30. Es wurde gefunden, daß der Einsatz von Material mit diesen Eigenschaften dazu führt, eine sehr effiziente Schalldämpfung zu fördern. Zum Vergleich hierzu verdient hervorgehoben zu werden, daß ein in jüngster Zeit zur Verwendung in Sicherheitsglaslaminaten vorgeschlagenes Acrylharz eine Shore-A-Härte zwischen 70 und 80 hat.

Eine mehrschichtige Platte einer erfundungsgemäßen Glastafel kann aus zwei oder mehr Glasscheiben gebildet werden, die von gleicher Dicke sind, oder die Dicke zwischen den Scheiben kann unterschiedlich sein, und die Platte kann symmetrisch oder asymmetrisch sein.

Wenn alle Glasscheiben der Platte von gleicher Dicke sind, neigt die Platte dazu, nur eine einzige Koinzidenzfrequenz  $\Phi_p$  aufzuweisen, vorausgesetzt, daß alle Zwischenschichten (wenn mehr als eine vorliegt) die gleiche Dicke haben und aus dem gleichen Polymermaterial bestehen. Diese Frequenz  $\Phi_p$  kann weiter weg oder näher an der gemeinsamen kritischen Frequenz  $\Phi_s$  der verschiedenen einzelnen Glasscheiben der Platte liegen in Abhängigkeit von den viskoelastischen Eigenschaften der in die Platte eingebrachten Polymer-Zwischenschicht oder -Zwischenschichten.

Wenn andererseits die Glasscheiben unterschiedliche Dicken aufweisen, liegt in der Regel mehr als eine kritische Frequenz vor: Die kritische Frequenz mit der größten praktischen Bedeutung ist die niedrigere oder niedrigste kritische Frequenz der Platte, die hier auch als  $\Phi_p$  bezeichnet wird, und diese ist weiter weg oder näher an der kritischen Frequenz (auch als  $\Phi_s$  bezeichnet) der massivsten Einzelglasscheibe der Platte in Abhängigkeit von den viskoelastischen Eigenschaften der in die Platte eingebrachten Polymer-Zwischenschicht oder -Zwischenschichten.

Wenn zwei Glasscheiben durch eine Zwischenschicht getrennt werden, die als ein "idealer Dämpfer" wirkt, dann besteht keine dynamische Bindung zwischen diesen, und  $\Phi_p$  ist gleich  $\Phi_s$ . Wenn andererseits die beiden Glasscheiben vollständig fest aneinander gebunden sind, wie dies im Falle von üblichen Sicherheitslaminaten tatsächlich der Fall ist, dann ist  $\Phi_p$  gleich  $\Phi_m$  der Koinzidenzfrequenz des äquivalenten Monolithen. In der Praxis liegt daher  $\Phi_p$  zwischen  $\Phi_s$  und  $\Phi_m$  und ein Maß für die akustische Effektivität aufgrund einer Zwischenschicht einer erfundungsgemäßen Platte ist durch das Verhältnis zwischen diesen verschiedenen kritischen Frequenzen gegeben. Es wird bevorzugt, daß die Platte eine Glasscheibe enthält, deren individuelle kritische Koinzidenzfrequenz mindestens so niedrig ist wie diejenige der oder irgendeiner anderen Glasscheibe der Platte ["die niedrigste Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_s$ ) irgend einer Scheibe der Platte"] und das Verhältnis zwischen der niedrigsten Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_s$ ) und irgendeiner Scheibe der Platte und der Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte niedriger ist als das Verhältnis zwischen der Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte und der Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) des äquivalenten Monolithen.

Um sicherzustellen, daß der (niedrigere oder niedrigste) Koinzidenztransmissionspeak bei einer so hoch wie möglichen Frequenz liegt, wird es bevorzugt, daß die

Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte mindestens das 1,2fache und vorzugsweise mindestens das 1,5fache der Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) des äquivalenten Monolithen beträgt.

- 5 Wenn alle Glasscheiben der Platte von gleicher Dicke sind, kann die Platte einen einzigen Koinzidenztransmissionspeak für Schall bei einer Frequenz aufweisen, die mehr oder weniger nahe der gemeinsamen Koinzidenzfrequenz  $\Phi_s$  dieser Scheiben liegt. Um einen derartigen ausgeprägten Transmissionspeak zu vermeiden, wird es bevorzugt, daß die Platte Glasscheiben von mindestens zwei unterschiedlichen Dicken aufweist. So kann z. B. eine Glasscheibe mindestens 1,15mal so dick sein wie die oder irgendeine andere Scheibe der Platte.
- 10 Auf diese Weise treten die Koinzidenztransmissionsspeaks, die auf solche Scheiben unterschiedlicher Dicke zurückzuführen sind, nicht bei der gleichen Frequenz auf und die Schalltransmission an dem auf eine Scheibe zurückzuführenden Peak kann durch die andere Scheibe 15 wirksam gedämpft werden. Um eine solche Abschwächung zu fördern, erweist es sich als vorteilhaft, daß die Platte mindestens eine Glasscheibe aufweist, die mindestens 1,5mal so dick und vorzugsweise mindestens doppelt so dick ist wie mindestens eine andere Glasscheibe 20 der Platte.

In vorteilhafter Weise weist die Platte mindestens eine Glasscheibe auf, die aus chemisch getempertem Glas besteht und nicht mehr als 2 mm dick ist. Da sie getempert ist, hat eine derartige Scheibe eine gute Widerstandsfähigkeit gegen Bruch und sie besitzt auch eine 25 ziemlich hohe kritische Koinzidenzfrequenz (über 6000 Hz) und sie erweist sich als nützlich zur Maskierung niedriger Koinzidenzfrequenz-Transmissionspeaks von anderen Teilen der Platte, wenn sie nicht an eine 30 andere Scheibe dynamisch gebunden ist. Außerdem kann eine solche Scheibe als ein geeigneter Träger für 35 eine Beschichtung dienen.

Vorzugsweise weist die Platte an einer äußeren Oberfläche derselben eine Glasscheibe solcher Dicke auf, 40 daß keine andere Scheibe der Platte dicker ist. Die Anbringung einer solchen relativ dicken Scheibe der Platte an einer Außenfläche wird als günstig angesehen zur Herbeiführung einer guten Bruchfestigkeit. Eine derartige Scheibe kann gewünschtenfalls entweder thermisch 45 oder chemisch, je nachdem, was sich in bezug auf ihre absolute Dicke als günstig erweist, getempert sein, und wenn sie als ein Fenster für ein Fahrzeug ausgestaltet ist, sollte sie an der Außenseite der Platte vorgesehen sein.

Vorzugsweise bewirkt die erfundungsgemäße Platte eine Schalldämpfung  $R_w$  von mindestens 37 dB. Eine derartige Schalldämpfung ergibt beträchtliche Vorteile für den Komfort an verschiedenen Ortschaften und sie ist besonders nützlich in Umgebungen, wo der Außenlärm ziemlich hoch ist, z. B. in Eisenbahnwagen.

Erfundungsgemäße Platten sind besonders geeignet für die Ausstattung als Fenster eines Fahrzeugs, z. B. eines Eisenbahnwagens.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert, in denen darstellen

Fig. 1 bis 4 Querschnitte durch erfundungsgemäße Glastafeln gemäß drei Ausführungsformen der Erfindung.

Fig. 5 eine graphische Wiedergabe der Schalldämpfung, die durch eine Vergleichstestplatte erzielt wird, und

Fig. 6 bis 8 graphische Wiedergaben der Schalldämp-

fung, die durch erfundungsgemäße Glastafeln erzielt werden.

In den Fig. 1 bis 3 wird eine mehrschichtige Platte 10 gezeigt, die aus zwei Glasscheiben 1 und 2 besteht, die voneinander getrennt werden durch eine daran haftende Zwischenschicht 3 aus Polymermaterial, die solche viskoelastischen Eigenschaften aufweist, daß die kritische Koinzidenzfrequenz (oder die niedrigere oder niedrigste kritische Koinzidenzfrequenz, wenn mehr als eine vorliegt) der Platte 10 ["die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte"] größer ist als die kritische Koinzidenzfrequenz einer dem Begriff nach monolithischen Glasscheibe ["die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) des äquivalenten Monolithen"], welche die gleiche Gestalt und Flächengröße wie die Platte 10 und eine Masse, die gleich ist der Gesamtmasse an Glasmaterial in den die Platte 10 aufbauenden Scheiben 1 und 2, aufweist.

In Fig. 1 trägt die erste Glasscheibe 1 eine Schicht 4, die so beschaffen ist, daß die beschichtete Scheibe dazu in der Lage ist, weniger als 65% der gesamten einfallenden Sonnenenergie durchzulassen. Diese Antisolarschicht 4 ist innerhalb der Dicke der Platte angeordnet, um sie vor Zerkratzen und vor Witterungseinflüssen zu schützen. Die zweiten Glasscheibe 2 trägt ebenfalls eine Schicht, die mit dem Bezugszeichen 5 bezeichnet und aus Zinnoxid gebildet ist, das dotiert ist, so daß es elektrisch leitfähig ist und demzufolge das Emissionsvermögen der beschichteten Fläche in bezug auf langwellige Infrarotstrahlung vermindert. Zinnoxidüberzüge können hochgradig widerstandsfähig gegenüber Abrieb und Verwittern sein und sie können daher an einer Außenfläche der Platte angebracht werden. Die ersten Glasscheibe 1 ist dicker als die zweite Scheibe 2 und die Platte ist zur Montierung in einer Wand eines Bauwerks bestimmt, mit der dickeren Scheibe 1 an dessen Außenseite.

In Fig. 2 ist die Konstruktion ähnlich derjenigen wie in Fig. 1, doch sind die Schichten andersherum angeordnet. Es ist eine anit-Solarschicht 4 vorgesehen, die diesmal von der zweiten Glasscheibe 2 getragen wird, jedoch wiederum innerhalb der Dicke der Platte angeordnet ist, um sie vor Zerkratzen und Verwitterung zu schützen. Eine dotierte Zinnoxid-Niedrigemissionschicht 5 ist auf der Außenfläche der ersten Glasscheibe 1 aufgebracht, die erneut dicker ist als die zweite Glasscheibe 2, und die Platte ist zum Montieren in einer Wand eines Gebäudes vorgesehen, mit dieser dickeren Scheibe 1 an der Außenseite desselben.

In Fig. 3 wird die mehrschichtige Platte 10 im Abstand von einer zweiten Platte gehalten, die aus einer dritten Glasscheibe 6 gebildet ist, die eine Schicht 7 auf der gegen den Zwischenraum 8 zwischen diesen Platten gerichteten Oberfläche trägt. Sich erstreckend über den Zwischenraum 8 und anhaftend an jeder der Platten 6, 10 ist eine Vielzahl von lokalisierten Dämpfungsbauten, wie bei 9 gezeigt, verteilt. Die Schicht 7 kann eine Antisolarschicht oder eine Niedrigemissions-Schicht sein, oder sie kann eine Kombination dieser Eigenschaften aufweisen. Eine Außenfläche der Platte 10, z. B. die gegen den Plattenzwischenraum gerichtete Fläche läßt erkennen, daß sie mit einer wahlweise, jedoch bevorzugt vorliegenden Schicht 7a versehen ist, die Strahlungstransmissionseigenschaften hat, die verschieden sind von denjenigen, welche die Schicht 7 aufweist. Die Platte gemäß Fig. 3 ist demzufolge in Übereinstimmung mit beiden Aspekten vorliegender Erfindung. Wenn die lokalisierten Dämpfungsbauten, z. B. 9, weggelassen würden, wäre die Platte in Übereinstimmung mit nur

dem ersten Aspekt der Erfindung, wohingegen dann, wenn die Schicht 7 weggelassen würde, die Platte in Übereinstimmung wäre mit nur dem zweiten Aspekt der Erfindung. Gegebenenfalls ist der Zwischenraum 8 mit einem Aerogel gepackt. Dies ermöglicht die Erzielung eines besseren Wärmeisolierungseffekts bei einem stark verkleinerten Plattenzwischenraum. Wahlweise kann die Schalldämpfung und/oder Wärmeisolierung gefördert werden durch Füllen des Plattenzwischenraums mit einem Gas oder einem Gasgemisch größerer Dichte als Luft, z. B. einem oder mehreren Gase aus der Gruppe Argon, SF<sub>6</sub> und einem Freon. SF<sub>6</sub> fördert die thermische Isolierung, wenn der Plattenzwischenraum nicht zu groß ist, und es begünstigt auch die Schalldämpfung. Argon fördert die Wärmeisolierung und die Freon-Produkte begünstigen die Schalldämpfung.

In Fig. 4 ist die erste Glasscheibe 1 der Platte durch ein Sicherheitsglasplattensystem klassischen Typs ersetzt, das vom Standpunkt der Schalldämpfung aus als ein Äquivalent zu einer monolithischen Scheibe angesehen werden kann. Dieses Laminat umfaßt die Glasscheiben 11, 12, die durch eine Zwischenschicht 13, z. B. aus Polyvinylbutyral, miteinander verbunden sind. Eine Antisolarschicht 4 ist auf der Oberfläche der Glasscheibe 11, die im Inneren der Platte vorliegt, aufgebracht, und eine wahlweise, jedoch bevorzugte Niedrigemissions-Schicht 5 ist auf derjenigen Oberfläche der Scheibe 2 aufgebracht, die die Außenfläche der Platte bildet.

Jede der in den Fig. 1 bis 4 erläuterten Platten ist dafür vorgesehen, daß sie in einer Wand eines Raumes so montiert wird, daß die in den Figuren rechts gezeigte Seite gegen das Innere dieses Raumes gerichtet ist.

#### Testplatte (Vergleichsbeispiel) (vgl. Fig. 3)

Die Testplatte bestand aus einer 5 mm dicken Glasscheibe (vgl. 6), die im Abstand von 12 mm (vgl. 8) von einer ersten, 5 mm dicken Glasscheibe (vgl. 1) gehalten wurde, die ihrerseits an eine zweite, 6 mm dicke Glasscheibe (vgl. 2) durch eine Zwischenschicht (vgl. 3) aus Polyvinylbutyral von 0,76 mm Dicke laminiert war. Dämpfungsbauten entsprechend 9 in Fig. 3 wurden weggelassen. Das Gesamtgewicht der Platte betrug 40 kg/m<sup>2</sup>. Die durch diese Platte bewirkte Schalldämpfung ist in der in Fig. 5 gezeigten Kurve wiedergegeben. Der Wert  $R_w$  für die erzielte Schalldämpfung betrug 38 dB.

Die kritische Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) einer einzelnen monolithischen Scheibe von 1 mm Dicke beträgt etwa 1150 Hz. Die niedrigste kritische Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_s$ ) einer der Scheiben der Platte, faktisch diejenige der 6 mm dicken Scheibe, beträgt etwa 2150 Hz, die kritische Koinzidenzfrequenz einer 5 mm Scheibe ist etwa 2550 Hz. Faktisch wirkte der Sicherheitsglasplattensatz der aus den 5 und 6 mm dicken Scheiben und der Haftzwischenschicht gebildeten Platte akustisch praktisch in gleicher Weise wie eine einzelne monolithische Glasscheibe mit einer Dicke von 1 mm. Wie in der Kurve der Fig. 5 gezeigt, liegt die niedrigste Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte bei etwa 1000 Hz aufgrund des gebildeten Laminats, wobei ein zweiter Koinzidenztransmissionspeak bei einer Wellenlänge zwischen 2000 Hz und 2500 Hz auftritt aufgrund der im Abstand gehaltenen Einzelglasscheibe von 5 mm Dicke. Es ist ferner ein Transmissionspeak bei etwa 200 Hz aufgrund von Hohlraumresonanzeffekten feststellbar.

Der Wärmetransfer durch die Platte unter ruhigen Luftbedingungen beträgt etwa 3 W · m<sup>-2</sup> · K<sup>-1</sup>.

## Beispiel 1 (Fig. 1)

Die erste Glasscheibe 1 war 6 mm dick und die zweite Scheibe 2 war 2,8 mm dick. Die beiden Glasscheiben waren durch eine Zwischenschicht von 1,8 mm Dicke aus Acrylharz 3, das eine bei 20°C gemessene Shore-A-Härte zwischen 15 und 20 aufwies, voneinander getrennt. Beim verwendeten Harz handelte es sich um UVEKOL A® (Handelsprodukt der UBS S. A., Specialty Chemicals Division, Anderlechtstraat 33, B-1620 Drogenbos, Belgien). Die erste Glasscheibe trug eine Antisolarschicht 4, bestehend aus 62% CoO, 26% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und 12% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mit einer Dicke zwischen 65 und 80 nm. Die erste Glasscheibe und diese Schicht zusammen besaßen einen Gesamt-Sonnenenergietransmissionsfaktor von 58%. Diese Antisolarschicht war nicht-leitfähig. Der Energieabsorptionsfaktor der beschichteten Scheibe betrug etwa 34%.

Aufgrund ihrer Absorption von Strahlungsenergie wurde die Antisolarschicht 4 erwärmt und ein Teil der Wärmeenergie wurde durch Wärmeleitung auf die Acrylschicht 3 übertragen, so daß deren Temperatur günstig beeinflußt wurde zur Konservierung von deren viskoelastischen Eigenschaften und damit für die durch die Platte bei niedrigen Umgebungstemperaturen bewirkte Schalldämpfung.

Die zweite Glasscheibe trug eine 760 nm dicke Schicht mit niedrigem Emissionsvermögen aus Zinnoxid, dotiert mit Fluorionen, um sie leitfähig zu machen mit einem spezifischen Widerstand von 12 Ohm pro Quadratfläche. Das Emissionsvermögen der Schicht in bezug auf Wellenlängen größer als 5000 nm betrug etwa 0,1. Das Gesamtgewicht der Platte betrug 22,5 kg/m<sup>2</sup>. Die durch diese Platte erzielte Schalldämpfung ist durch die in Fig. 6 wiedergegebene Kurve gezeigt. Der erzielte Wert  $R_w$  für die Schalldämpfung betrug 37 dB.

Wie ersichtlich, ergibt diese Platte eine hochgradig ebenso gute, als  $R_w$  gemessene Schalldämpfung wie die Testplatte, und das bei einer Gewichtersparnis von über 40%.

Die kritische Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) einer einzelnen monolithischen Scheibe von 8,8 mm Dicke beträgt etwa 1450 Hz. Die niedrigere kritische Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_s$ ) einer der in der Platte vorliegenden Scheiben, faktisch derjenigen mit 6 mm Dicke, ist etwa 2150 Hz. Wie aus der Kurve der Fig. 6 ersichtlich, liegt die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte 10 zwischen 2000 Hz und 2500 Hz.

Der Wärmeübergang durch die Platte unter ruhigen Luftbedingungen beträgt etwa 3,7 W · m<sup>-2</sup> · K<sup>-1</sup>.

Gemäß einer Abwandlung dieses Beispiels würde die erste beschichtete Glasscheibe 1 durch eine 5 mm dicke Scheibe ersetzt und die zweite beschichtete Glasscheibe 2 würde durch eine 4 mm dicke Scheibe ersetzt, und gemäß einer zweiten Abwandlung dieses Beispiels würde die erste beschichtete Glasscheibe 1 durch eine 6 mm dicke Scheibe ersetzt und die zweite beschichtete Glasscheibe 2 würde durch eine 5 mm dicke Scheibe ersetzt, wobei die Zwischenschicht 3 aus UVEKOL A®, 1,5 mm dick war. Diese Platten ergaben ebenfalls sehr gute Schalldämpfung.

Gemäß einer dritten Abwandlung dieses Beispiels wurde eine der angegebenen ersten und zweiten Scheiben oder alle beide aus thermisch getempertem Glas hergestellt. Dies fördert die Bruchfestigkeit. Außerdem pflegen im Falle eines Bruchs die Bruchstücke einer thermisch getemperten Glasscheibe kleiner zu sein als die größten Splitter einer gebrochenen ungetemperten

Scheibe, weshalb sie leicht durch die Zwischenschicht zurückgehalten werden und damit das Risiko einer Verletzung aufgrund von herumfliegenden Glassplittern vermindern. Davon abgesehen kann eine gebrochene mehrschichtige Glastafel oder Glasplatte genügend leicht aus ihrem Rahmen entfernt werden, z. B. durch Dagegenschlagen oder -treten, so daß ein Notausgang aus beispielsweise einem umgestürzten Fahrzeug ermöglicht wird.

Gemäß einer vierten Abwandlung dieses Beispiels wird die Zwischenschicht 3 aus Polymermaterial in der Masse angefärbt, z. B. durch Zusatz eines Farbstoffs, um das visuelle Aussehen der Platte zu modifizieren.

Gemäß einer fünften Abwandlung dieses Beispiels wird die zweite Glasscheibe 2 an ihren gegenüberliegenden Seitenrändern mit elektrisch leitenden Stromzuführungsschienen in Kontakt mit der Niedrigemissions-Schicht 5 versehen. Anschlußklemmen werden an die Stromzuführensschienen angeschweißt und über diese Klemmen wird ein Heizstrom durch die Niedrigemissions-Schicht geleitet, wodurch wiederum die Temperatur der Acrylschicht 3 in für die Konservierung ihrer viskoelastischen und damit akustischen Eigenschaften, insbesondere bei niedrigen Umgebungstemperaturen, günstiger Weise beeinflußt wird.

## Beispiel 2 (Fig. 2)

Beispiel 1 wurde wiederholt mit der Abänderung, daß die beiden Schichten 4 und 5 in der in Fig. 2 gezeigten Weise vertauscht wurden. Die akustischen Eigenschaften der Platte wurden dadurch nicht beeinflußt. Das Vorliegen der Niedrigemissions-Schicht 5 an der Außenseite der Platte verhindert Infrarotstrahlung von der Platte, so daß bei niedrigen Umgebungstemperaturen die Platte und damit die Acrylschicht 3 wärmer ist, als dies anderweitig der Fall wäre. Dieses Erwärmen der Acrylschicht 3 wird durch das Vorliegen der benachbarten energieabsorbierenden Antisolarschicht 4 gefördert. Dies beeinflußt die Temperatur der Acrylschicht 3 in einer für die Konservierung ihrer viskoelastischen und damit akustischen Eigenschaften, insbesondere bei niedrigen Umgebungstemperaturen, günstigen Weise.

Gemäß einer Abwandlung dieses Beispiels wird der Rahmen, in dem die Platte montiert ist, mit Durchlaßöffnungen versehen, und ein Heizsystem des Raumes, in dem die Platte montiert ist, wird so ausgestaltet, daß Warmluft durch diese Öffnungen über die Innenfläche der Platte geblasen wird, um diese mit zusätzlicher Wärmeenergie zu versorgen.

## Beispiel 3 (vgl. Fig. 4)

Die erste Glasscheibe 1 wurde durch ein Sicherheitsglaslaminate ersetzt, das eine Glasscheibe 11 von 2,8 mm Dicke, laminiert an eine Scheibe 12 von 1,7 mm Dicke durch eine Zwischenschicht 13 aus Polyvinylbutyral von 0,76 mm Dicke umfaßt, und die zweite Scheibe 2 war 5 mm dick. Die Scheiben 11 und 12 waren chemisch getempert. Die Glasscheiben 12 und 2 waren durch eine Zwischenschicht von 1,8 mm Dicke aus Acrylharz (Handelsprodukt UVEKOL A®), das eine bei 20°C gemessene Shore-A-Härte zwischen 15 und 20 aufwies, voneinander getrennt. Die zweite Glasscheibe 2 trug an ihrer benachbart zur Acryl-Zwischenschicht liegenden Oberfläche eine Antisolarschicht aus 62% CoO, 26% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und 12% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, wie in Beispiel 1 beschrieben. Diese Glasscheibe und diese Schicht zusammen hatten einen

Gesamt-Sonnenenergiestransmissionsfaktor von etwa 60% und einen Energieabsorptionsfaktor von etwa 33%. Aufgrund ihrer Absorption von Strahlungsenergie wurde die anit-Solarschicht erwärmt und ein Teil der Wärmeenergie wurde durch Wärmeleitung auf die Acrylschicht 3 übertragen, wodurch deren Temperatur in einer für die Konservierung ihrer viskoelastischen und damit akustischen Eigenschaften günstigen Weise beeinflußt wurde.

Die zweite Glasschicht 2 trug ebenfalls an ihrer expierten Fläche eine 760 nm dicke Schicht mit niedrigem Emissionsvermögen aus Zinnoxid, das mit Fluorionen dotiert war, um sie leitfähig zu machen mit einem spezifischen Widerstand von 12 Ohm pro Quadratfläche. Das Emissionsvermögen der Schicht in bezug auf Wellenlängen größer als 5000 nm betrug etwa 0,1. Das Gesamtgewicht der Platte betrug 25 kg/m<sup>2</sup>. Die durch diese Platte bewirkte Schalldämpfung ist durch die in Fig. 7 wiedergegebene Kurve gezeigt. Der erzielte Wert  $R_w$  für die Schalldämpfung betrug 38 dB und war damit gleich demjenigen der Testplatte, jedoch bei einer Gewichtersparnis von 37%.

Die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) des äquivalenten Monolithen von 9,5 mm Dicke beträgt etwa 1350 Hz. Die niedrigste kritische Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_s$ ) einer der Scheiben der Platte, faktisch der 5 mm dicken Scheibe, beträgt etwa 2550 Hz. Wie aus der Kurve ersichtlich, ist die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte etwa 2500 Hz. Es verdient hervorgehoben zu werden, daß der Sicherheitsglaslaminateil der Platte, der durch die Scheiben 11 und 12 und die Haft-Zwischenschicht gebildet wird, akustisch praktisch in gleicher Weise wirkte wie eine einzelne monolithische Glasscheibe mit einer Dicke von 4,5 mm, und deren Koinzidenzfrequenz betrug etwa 2850 Hz.

Der Wärmetransfer durch die Platte unter ruhigen Luftbedingungen betrug etwa 3,7 W · m<sup>-2</sup> · K<sup>-1</sup>.

#### Beispiel 4 (Fig. 4)

Die erste Glasscheibe 1 wurde ersetzt durch ein Sicherheitsglaslaminateil, das eine Glasscheibe 11 von 6 mm Dicke, laminiert an eine Scheibe 12 von 1,7 mm Dicke durch eine Zwischenschicht 13 aus Polyvinylbutyral von 0,76 mm Dicke umfaßte, und die zweite Scheibe 2 war 2 mm dick. Die Scheiben 12 und 2 waren chemisch getempert. Die Glasscheiben 12 und 2 waren durch eine 1,8 mm dicke Zwischenschicht aus Acrylharz, wiederum unter Verwendung von UVEKOL A®, das eine bei 20°C gemessene Shore-A-Härte zwischen 15 und 20 aufwies, voneinander getrennt. Die Glasscheibe 11 trug an ihrer der Polyvinylbutyral-Zwischenschicht benachbarten Oberfläche eine Antisolarschicht 4 aus 62% CoO, 26% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und 12% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mit einer Dicke zwischen 65 und 80 nm, wie in Beispiel 1 beschrieben. Diese Glasscheibe und diese Schicht zusammen hatten einen Gesamt-Sonnenenergiestransmissionsfaktor von etwa 58%. Das Gesamtgewicht der Platte betrug etwa 27 kg/m<sup>2</sup>. Die durch die Platte bewirkte Schalldämpfung wird durch die in Fig. 8 wiedergegebene Kurve gezeigt. Der erzielte Wert  $R_w$  für die Schalldämpfung betrug 38 dB und war damit gleich demjenigen der Testplatte, jedoch unter Erzielung einer Gewicht einsparung von etwa einem Drittel.

Die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) des äquivalenten Monolithen von 10,7 mm Dicke ist etwa 1200 Hz. Die niedrigste kritische Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_s$ ) einer der Scheiben der Platte entspricht faktisch derjenigen des

durch die 6 mm-Scheibe und die 1,7-mm-Scheibe gebildeten Laminats und beträgt etwa 1650 Hz. Wie aus der Kurve ersichtlich, liegt die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte zwischen 1600 Hz und 2000 Hz.

#### Beispiel 5 (Fig. 3)

Es wurde eine Hohlglastafel gemäß Fig. 3 konstruiert. In der Platte 10 hatte die erste Glasscheibe 1 eine Dicke von 1,7 mm, und die zweite Scheibe 2 war 2,8 mm dick. Die beiden Glasscheiben waren chemisch getempert und sie waren durch eine Zwischenschicht von 1,8 mm Dicke aus Acrylharz, wiederum unter Verwendung von UVEKOL A®, das eine bei 20°C gemessene Shore-A-Härte zwischen 15 und 20 hat, voneinander getrennt. Die laminierte Platte 10 wurde im Abstand zu einer zweiten Platte gehalten, die aus einer dritten Glasscheibe 6 von 8 mm Dicke bestand und eine Schicht 7 trug. Sich erstreckend über den Plattenzwischenraum 8 und anhaftend an jede der Platten 6, 10 ist eine Vielzahl von lokalisierten Dämpfungsbauteilen vom Typ 9 verteilt, die aus dem gleichen Acrylharz gebildet sind, wie es zum Verbinden der mehrschichtigen Platte 10 verwendet wurde. Der Plattenzwischenraum war 10 mm breit. Die Dämpfungsbauteile hatten einen Durchmesser von 20 mm und lagen 20 cm voneinander weg. Das Gesamtgewicht der Platte betrug etwa 31 kg/m<sup>2</sup>.

Diese Glastafel ergibt ebenfalls ausgezeichnete Ergebnisse im Hinblick auf Schalldämpfung.

Gemäß einer ersten Abwandlung war die Schicht 7 eine nicht-leitfähige anit-Solarschicht aus 62% CoO, 26% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und 12% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mit einer Dicke zwischen 65 und 80 nm. Der Wärmetransferkoeffizient durch die Glastafel unter ruhigen Luftbedingungen betrug etwa 2,9 W · m<sup>-2</sup> · K<sup>-1</sup> bei einem mit Luft gefülltem Zwischenraum.

Gemäß einer zweiten Abwandlung war die Schicht 7 eine 760 nm dicke Schicht mit niedrigem Emissionsvermögen aus Zinnoxid, das mit Fluorionen dotiert war, um sie leitfähig zu machen mit einem spezifischen Widerstand von 12 Ohm pro Quadratfläche. Das Emissionsvermögen der Schicht für Wellenlängen größer als 5000 nm war etwa 0,1.

Gemäß einer dritten Abwandlung war die Schicht 7 eine leitfähige Antisolar- und Niedrigemissions-Schicht aus einer SnO<sub>2</sub>-Grundschicht von etwa 30 nm Dicke, die überschichtet war durch eine im Vakuum aufgebrachte Silberschicht von etwa 25 nm Dicke, die ihrerseits wiederum bedeckt war von einer Schicht aus SnO<sub>2</sub> von etwa 60 nm Dicke. Der Lichttransmissionsfaktor dieser Schicht und der beschichteten Scheibe betrug etwa 47%, die gesamte einfallende Sonnenenergiestransmission war etwa 34% und das Emissionsvermögen der beschichteten Oberfläche in bezug auf Infrarotstrahlung mit Wellenlängen größer als 5000 nm betrug etwa 0,02. Der Wärmetransferkoeffizient durch die Glastafel unter ruhigen Luftbedingungen war etwa 1,8 W · m<sup>-2</sup> · K<sup>-1</sup> bei einem mit Luft gefüllten Zwischenraum.

Gemäß weiteren Ausführungsformen dieses Beispiels war der Plattenzwischenraum 8 mit einem der folgenden Stoffe: einem Freon, Argon, SF<sub>6</sub>, einem Gemisch aus Argon und SF<sub>6</sub> oder Aerogel anstelle von Luft gefüllt oder er war evakuiert.

Gemäß weiteren Ausführungsformen der vorstehenden Beispiele waren eine oder mehrere der Schichten anders als dargestellt oder beschrieben angeordnet unter Beachtung folgender Überlegungen. Schichten mit niedrigem Emissionsvermögen sind als solche unwir-

sam, wenn sie nicht an einer Zwischenfläche zwischen ihrer Trägerscheibe und Luft oder einem anderen Gas oder einem Vakuum vorgesehen werden. Eine leitfähige anit-Solarschicht, wie sie z. B. oben beschrieben ist, behält selbstverständlich ihre Sonnenenergie abschirmenden Eigenschaften bei, wenn sie innerhalb der Dicke des Laminats angeordnet ist. Viele Antisolar-Beschichtungsmaterialien sind ziemlich zerbrechlich und müssen geschützt werden, indem sie innerhalb der Dicke der Platte untergebracht werden. In der Praxis ist es einfacher, eine Glasscheibe nur auf einer ihrer Oberflächen zu beschichten. Gemäß weiterer Ausgestaltungen sind die Glastafeln gekrümmt statt flach.

## Patentansprüche

15

1. Glastafel, die aus einer Platte besteht oder eine Platte umfaßt, die ein Paar von Glasscheiben, welche an einer Zwischenschicht aus Polymermaterial haften, aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Scheiben des Glasscheibenpaars durch eine Zwischenschicht aus Polymermaterial voneinander getrennt sind, die solche viskoelastischen Eigenschaften hat, daß die kritische Koinzidenzfrequenz (oder die niedrigere oder niedrigste kritische Koinzidenzfrequenz, wenn es mehr als eine gibt) der Platte ["die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte"] größer ist als die kritische Koinzidenzfrequenz einer dem Begriff nach monolithischen Glasscheibe ["die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) des äquivalenten Monolithen"], welche die gleiche Gestalt und Flächengröße wie die Platte und eine Masse, die gleich der Gesamtmasse des in der Platte vorliegenden Glasmaterials ist, hat, und daß die Platte mit zur Beeinflussung der Temperatur der Zwischenschicht aus Polymermaterial befähigten Mitteln versehen ist.
2. Glastafel nach Anspruch 1, worin die Platte, jeweils auf die Oberflächen bezogen, im Abstand von einer zweiten Platte unter Bildung einer Hohlglas-einheit gehalten wird.
3. Glastafel nach Anspruch 2, worin eine Vielzahl von lokalisierten Dämpfungsbauteilen, die an den im Abstand voneinander befindlichen Platten haften, über deren Oberflächen verteilt ist.
4. Hohlglastafel mit einer ersten Platte, die ein Paar von Glasscheiben, welche an einer Zwischenschicht aus Polymermaterial haften, aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß
  - die Scheiben des Glasscheibenpaars voneinander getrennt sind durch eine Zwischenschicht aus Polymermaterial, die solche viskoelastischen Eigenschaften hat, daß die kritische Koinzidenzfrequenz (oder die niedrigere oder niedrigste kritische Koinzidenzfrequenz, wenn es mehr als eine gibt) der Platte ["die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte"] größer ist als die kritische Koinzidenzfrequenz einer dem Begriffe nach monolithischen Glasscheibe ["die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) des äquivalenten Monolithen"], welche die gleiche Gestalt und Flächengröße wie die Platte und eine Masse, die gleich ist der Gesamtmasse des in der Platte vorliegenden Glasmaterials, hat,
  - diese erste Platte, jeweils auf die Oberflächen bezogen, im Abstand von einer zweiten Platte gehalten wird, und
  - eine Vielzahl von lokalisierten Dämpfungsbauteilen, die an den im Abstand voneinander

befindlichen Platten haften und über deren Oberfläche verteilt sind, vorgesehen ist.

5. Glastafel nach Anspruch 3 oder 4, worin die Dämpfungsbauteile aus lichtdurchlässigem Kunststoffmaterial, insbesondere aus einem Silikon, Polyisobutylen, einem Polyester, Vinylpolymer, Epoxyharz oder einem Acrylharz gebildet sind.
6. Glastafel nach Anspruch 4 oder 5, worin die Platte mit zur Beeinflussung der Temperatur der Zwischenschicht aus Polymermaterial befähigten Mitteln versehen ist.
7. Glastafel nach einem der Ansprüche 2 bis 6, worin in der Plattenzwischenraum mit einem Aerogel gepackt ist.
8. Glastafel nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und 6, worin die zur Beeinflussung der Temperatur der Zwischenschicht aus Polymermaterial befähigten Mittel einen Teil der Platte bilden.
9. Glastafel nach Anspruch 8, worin die zur Beeinflussung der Temperatur der Zwischenschicht aus Polymermaterial befähigten Mittel aus einer lichtdurchlässigen Schicht, die auf einer Fläche einer praktisch steifen Scheibe der Platte aufgebracht ist, bestehen.
10. Glastafel nach Anspruch 9, wörin sich die lichtdurchlässige Schicht im Kontakt mit der Zwischenschicht aus Polymermaterial befindet.
11. Glastafel nach Anspruch 9 oder 10, worin die Platte mindestens zwei lichtdurchlässige Schichten, die verschiedene Strahlungstransmissionseigenschaften haben, aufweist.
12. Glastafel nach einem der Ansprüche 9 bis 11, worin die oder mindestens eine der beschichteten Scheiben so beschaffen ist, daß sie weniger als 75% und insbesondere weniger als 65% der gesamten einfallenden Sonnenenergie durchläßt.
13. Glastafel nach einem der Ansprüche 9 bis 12, worin die oder mindestens eine der Schichten eine leitfähige Schicht ist.
14. Glastafel nach einem der vorstehenden Ansprüche, worin Mittel zur Zuführung von Wärmeenergie zu der Platte vorgesehen sind.
15. Glastafel nach Ansprüchen 13 und 14, worin Mittel zum Durchleiten eines Heizstromes durch die oder mindestens eine der leitfähigen Schichten vorgesehen sind.
16. Glastafel nach Anspruch 14, worin Mittel zum Blasen von Heißluft über eine Oberfläche der Platte vorgesehen sind.
17. Glastafel nach einem der vorstehenden Ansprüche, worin die Zwischenschicht aus einem Polyester, Vinylpolymer, Epoxyharz, oder insbesondere einem Acrylharz gebildet ist.
18. Glastafel nach Anspruch 17, worin das Acrylharz durch Ultraviolettrstrahlen polymerisierbar ist.
19. Glastafel nach einem der vorstehenden Ansprüche, worin das Material, aus dem die Zwischenschicht gebildet ist, eine bei 20°C gemessene Shore-A-Härte von nicht mehr als 50 und insbesondere nicht mehr als 30 aufweist.
20. Glastafel nach einem der vorstehenden Ansprüche, worin die Platte eine Glasscheibe umfaßt, deren individuelle kritische Koinzidenzfrequenz mindestens so niedrig ist wie diejenige der oder irgend einer anderen Glasscheibe der Platte ["die niedrigste Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_s$ ) irgendeiner Scheibe der Platte "] und das Verhältnis zwischen dieser niedrigsten Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_s$ ) einer Scheibe

- der Platte und der Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte geringer ist als das Verhältnis zwischen der Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte und der Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) des äquivalenten Monolithen.
21. Glastafel nach einem der vorstehenden Ansprüche, worin die Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_p$ ) der Platte mindestens das 1,2fache und insbesondere mindestens das 1,5fache der Koinzidenzfrequenz ( $\Phi_m$ ) des äquivalenten Monolithen beträgt. 5
22. Glastafel nach einem der vorstehenden Ansprüche, worin die Platte Glasscheiben von mindestens zwei unterschiedlichen Dicken aufweist. 10
23. Glastafel nach Anspruch 22, worin die Platte mindestens eine Glasscheibe aufweist, die mindestens 1,5mal so dick und insbesondere mindestens 15 2mal so dick ist wie mindestens eine andere Glasscheibe der Platte.
24. Glastafel nach einem der vorstehenden Ansprüche, worin die Platte mindestens eine Glasscheibe aufweist, die aus chemisch getemperten Glas besteht und nicht mehr als 2 mm dick ist. 20
25. Glastafel nach einem der vorstehenden Ansprüche, worin die Platte an einer ihrer Außenflächen eine Glasscheibe von solcher Dicke aufweist, daß keine andere Scheibe der Platte dicker ist. 25
26. Glastafel nach einem der vorstehenden Ansprüche, die als ein Fenster eines Fahrzeugs eingepaßt ist.
27. Glastafel nach Ansprüchen 25 und 26, worin die relativ dicke Glasscheibe an der Außenseite der 30 Platte vorliegt.
28. Glastafel nach einem der vorstehenden Ansprüche, worin die Platte eine Schalldämpfung ( $R_w$ ) von mindestens 37 dB bewirkt.

35

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

**— Leerseite —**

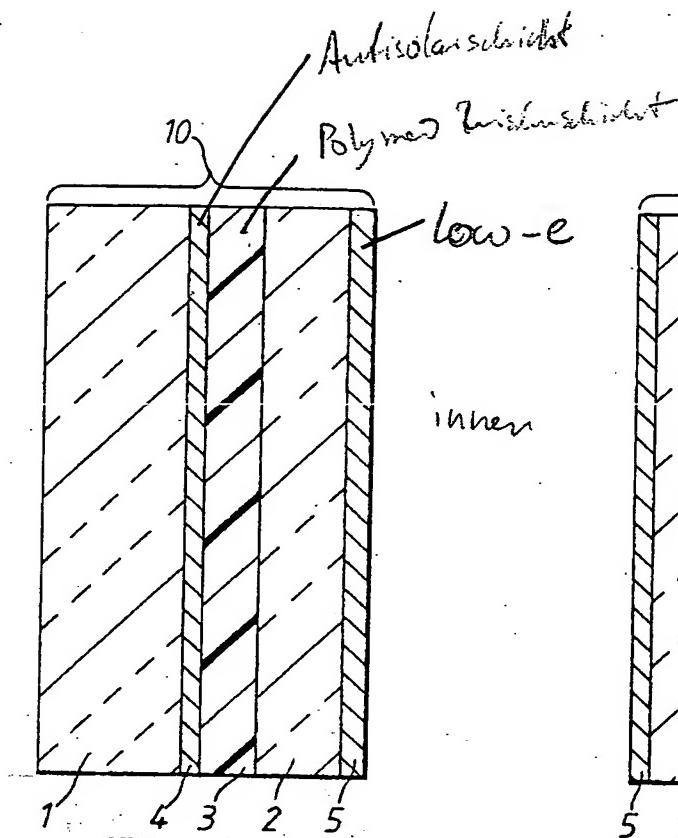


Fig. 1.

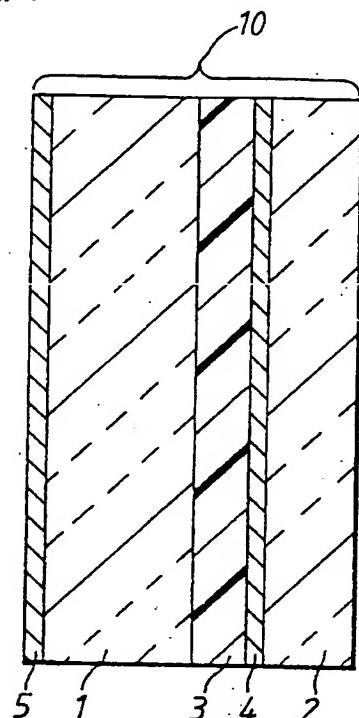


Fig. 2.

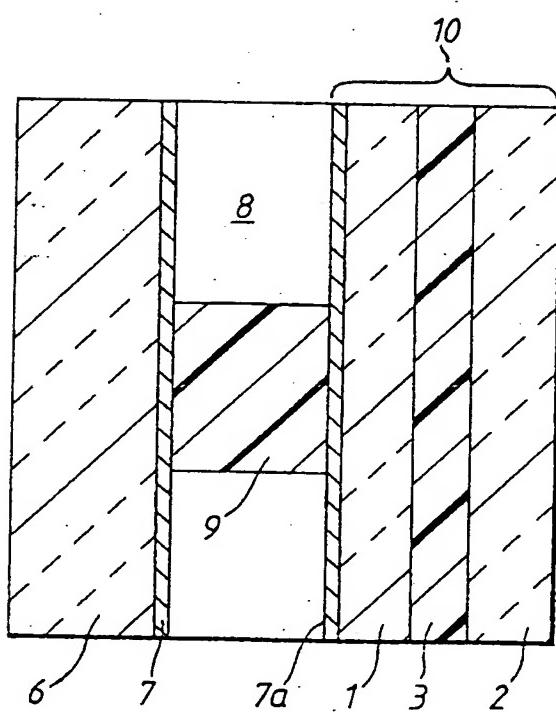


Fig. 3.

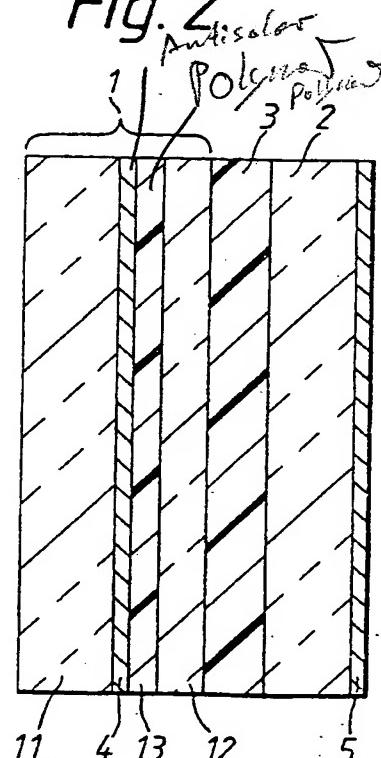


Fig. 4.

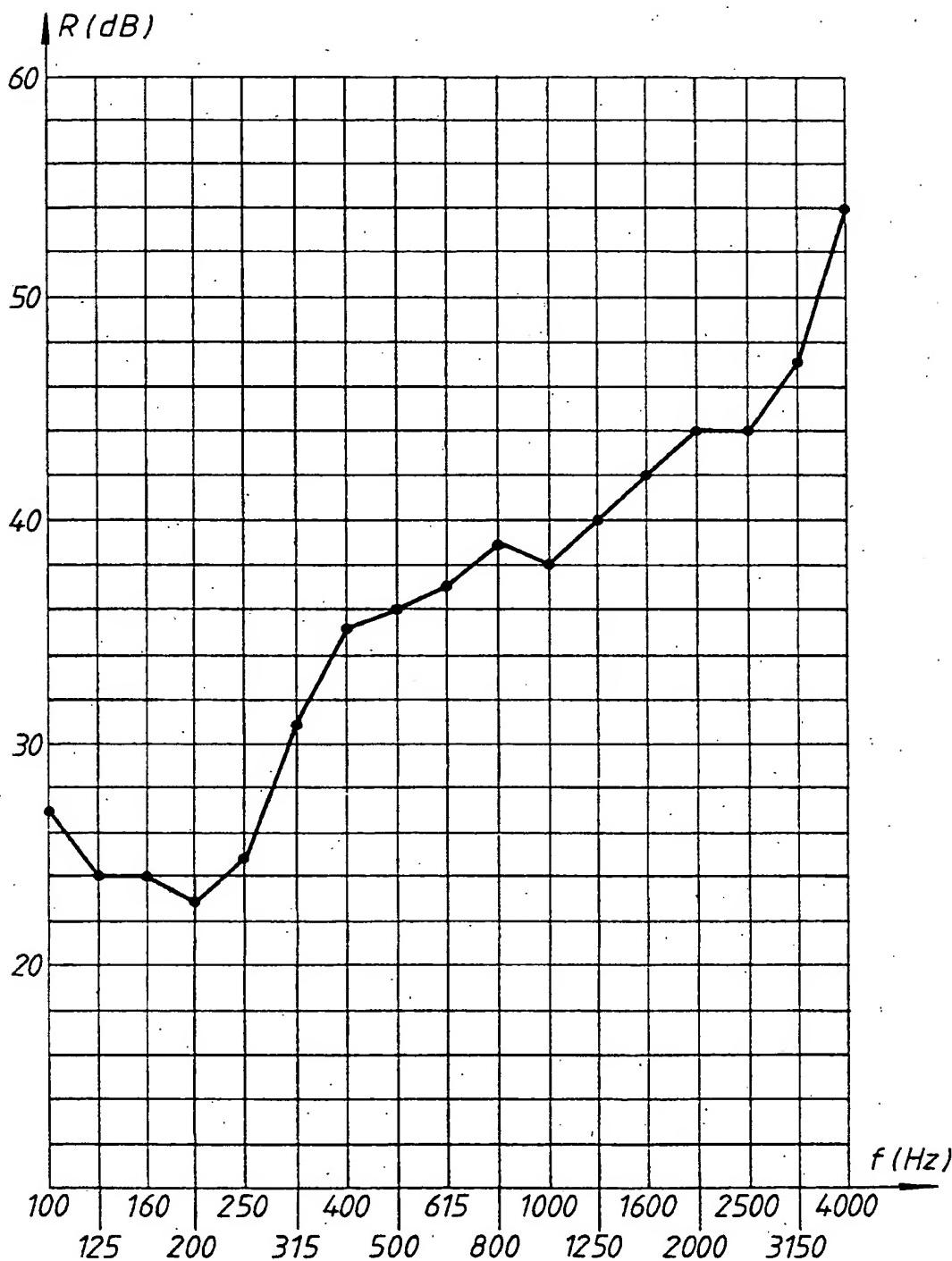


Fig. 5.

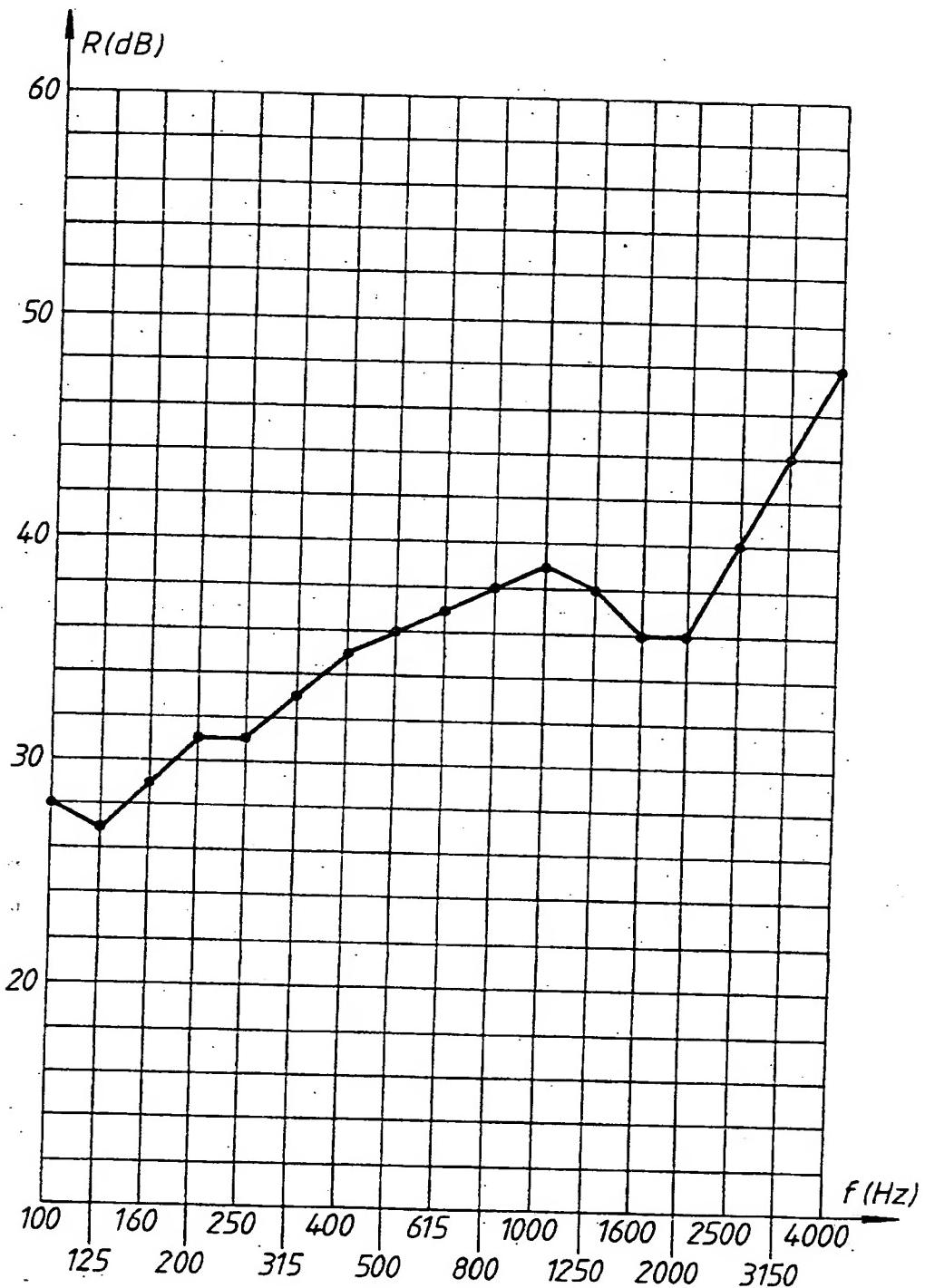


Fig. 6.

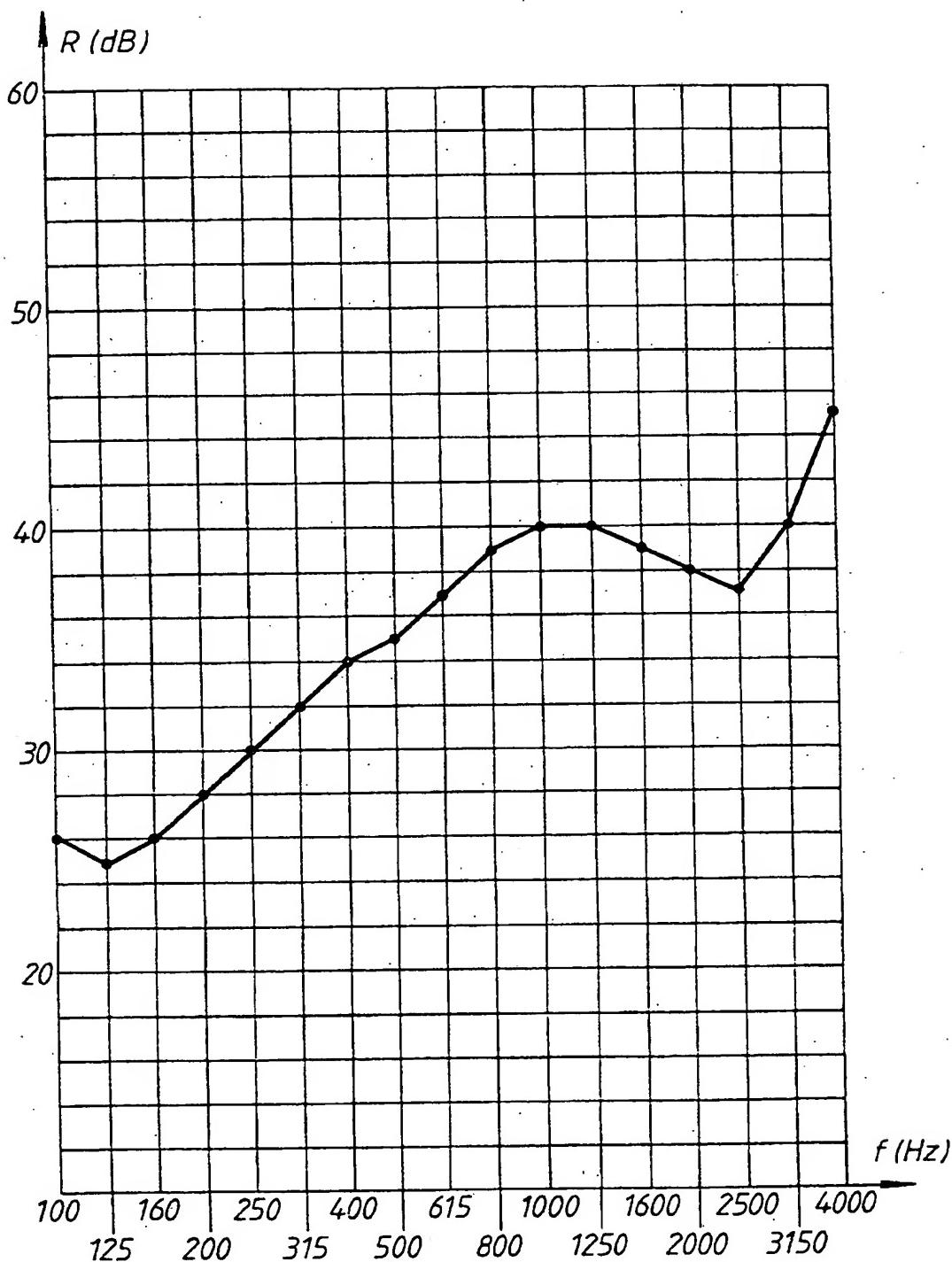


Fig. 7.

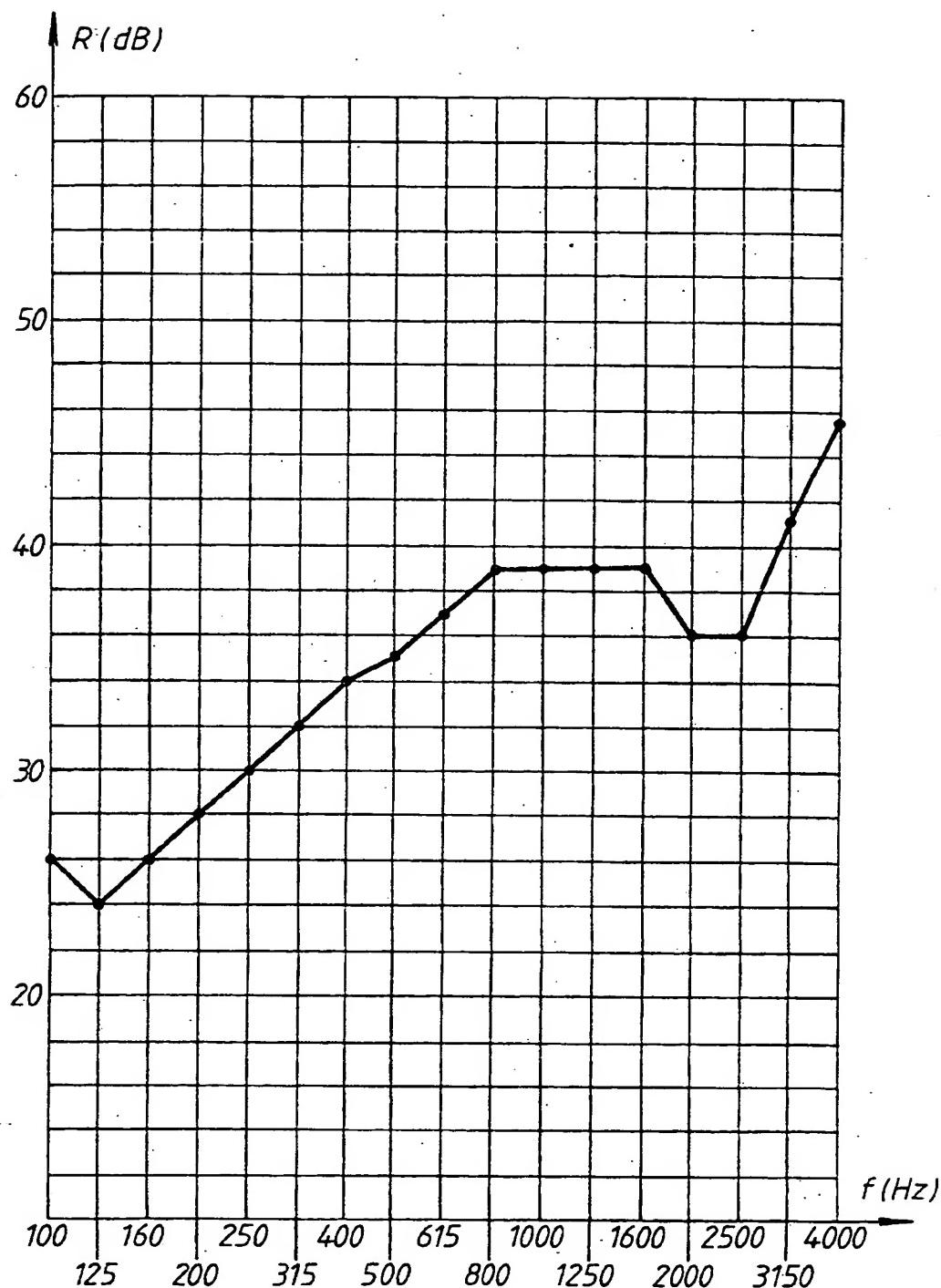


Fig. 8.